

應用HIMAWARI-8估計 臺灣地表日射量之校驗及探討

鄭光浩 葉子嫻 胥立南 章鶴群 張育承

中央氣象局 第四組

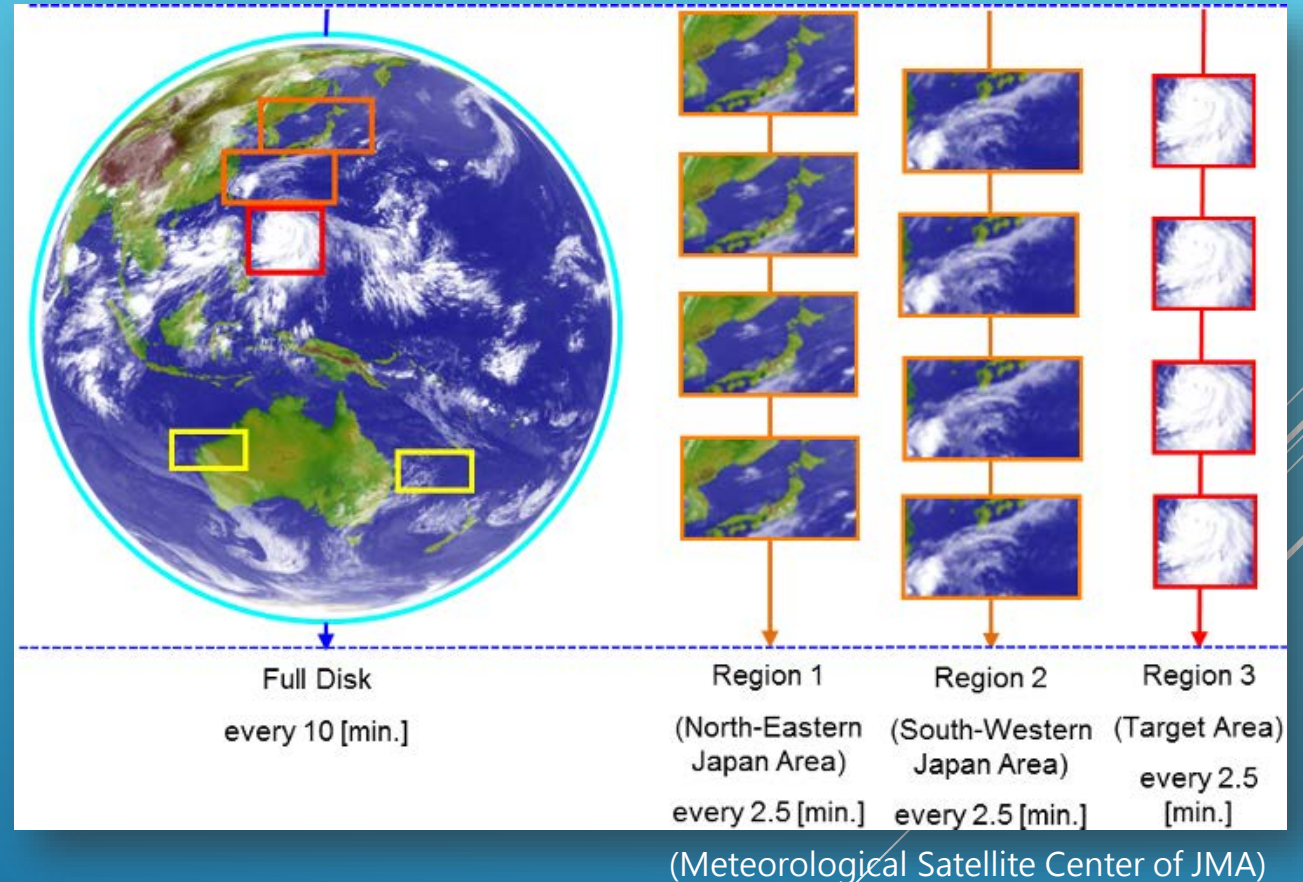
前言

- ▶ 太陽能為主要再生能源之一，其發電量與太陽日射強度息息相關，因此對於地表日射量估計之準確度更顯重要，過去不少研究以同步衛星來估計地表日射量
 - 蕭等 (2011) : 利用MTSAT衛星及高解析度數位地形資料，估算全島向下太陽輻射通量，晴空條件與地面觀測之相關係數達0.93以上。
 - 胥 (2015) : 利用MTSAT-2衛星之可見光、IR1及IR2頻道資料，並加入臭氧吸收、瑞利散射、懸浮微粒散射、水汽吸收及晴空與雲量衰減指數等，估算疏雲情況平地測站日射量相關係數達0.9以上。
- ▶ 向日葵8號衛星 (Himawari-8) 提供比MTSAT-2衛星更高解析度之觀測，本研究根據胥 (2015) 之演算法，以向日葵8號衛星資料估算日射量並評估演算法之適用性，探討造成日射量估算誤差之可能因素，並尋求演算法最佳化。



HIMAWARI-8

- ▶ 向日葵8號衛星自2015年7月開始作業化觀測，衛星軌道位於 140.7°E 之赤道上空，高度35,800km
- ▶ 觀測波段包含可見光、近紅外光及紅外光共16個頻道，星下點空間解析度於可見光波段為0.5~1.0km，近紅外光及紅外光為1~2km，時間解析度10分鐘 (Full disk)
- ▶ 估算地表日射量使用頻道為 **B03** (VIS, $0.64\mu\text{m}$)、**B13** (IR1, $10.4\mu\text{m}$) 及 **B15** (IR2, $12.38\mu\text{m}$)



日射量估算方法 - 天文因素

- ▶ 根據胥 (2015) 估計地表日射量之方法對向日葵8號衛星之遙測資料反演日射量，估算過程主要考慮**天文因素**及**大氣效應**兩大要素。大氣光程則使用中央研究院所提供之臺灣地區30m解析度地形資料，並利用QGIS獲得各個網格點的坡向、坡度等資訊。

- ▶ 太陽常數及太陽常數修正 (I_0)

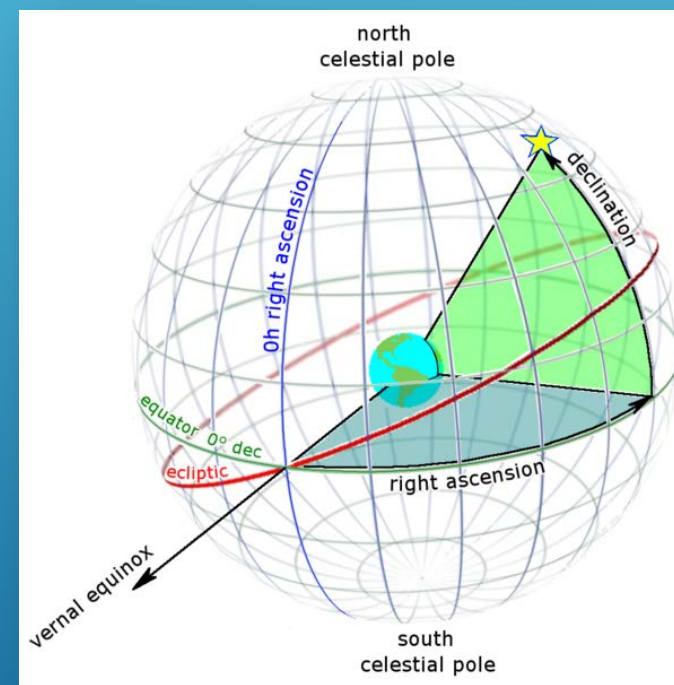
- 太陽常數 1367Wm^{-2}
- 日地距離變化使太陽常數有 $\pm 3.4\%$ 變化修正

- ▶ 太陽赤緯 (Solar declination)

- $\delta = 23.45^\circ \cdot \sin \left[\frac{360}{365} (J + 284) \right]$ J : 太陽日

- ▶ 太陽天頂角 (θ)

- $\cos\theta = \sin\phi\sin\delta + \cos\phi\cos\delta\cos\omega$ ω : 時角



日射量估算方法 - 大氣效應

▶ 直接輻射量

- $Dir = I_0 \cos\theta \tau_o \tau_r \tau_w \tau_a$

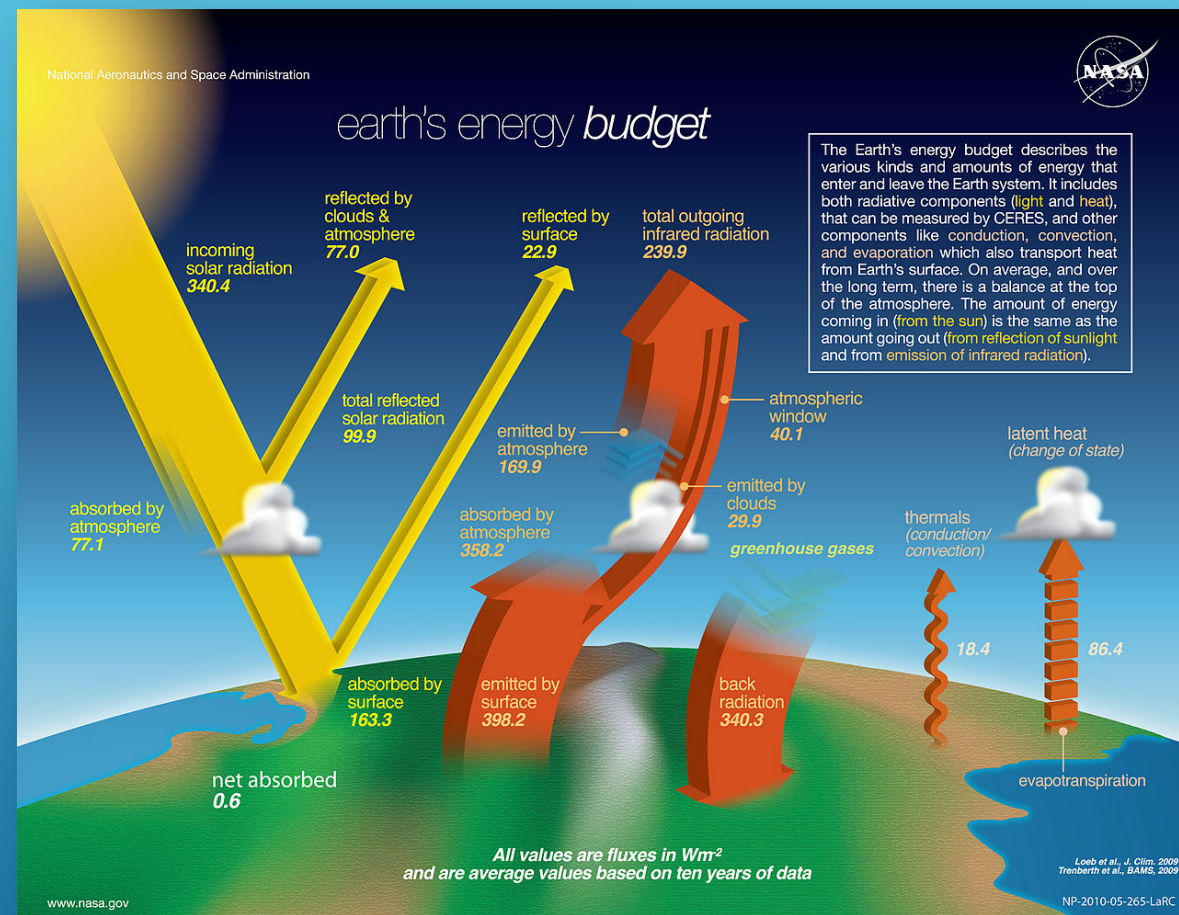
▶ 天空光散射輻射量

- 瑞利散射： $Dif_r = I_0 \cos\theta \tau_o \cdot 0.5 \tau_a (1 - \tau_r)$
- 懸浮微粒散射： $Dif_a = I_0 \cos\theta \tau_o \tau_r \tau_w F_c \omega_0 (1 - \tau_a)$

▶ 雲量

- 晴空： $I_{mts} = (Dir + Dif_r + Dif_a)$
- 有雲： $I_{mts} = (Dir + Dif_r + Dif_a)(1 - a \cdot A)$

τ_o	臭氧透射率	ω_0	單次散射反照率
τ_r	瑞利散射透射率	F_c	懸浮微粒散射量佔全部散射量之比例
τ_w	水汽透射率	a	日射衰減係數
τ_a	懸浮微粒透射率	A	衛星接收之反照率



(NASA)

衛星反演日射量流程

衛星資料(VIS、IR1、IR2)

天文/地形效應

太陽赤緯、時角、天頂角
太陽常數年際變化修正
地形效應(坡度、坡向)

大氣效應

雷氏散射
懸浮微粒散射
水氣、臭氧吸收

天空狀況

晴空模式 $I_{mas} = Dir + Dif_r + Dif_a$
有雲模式 $I_{mas} = (Dir + Dif_r + Dif_a)(1 - a * A)$

衛星反演

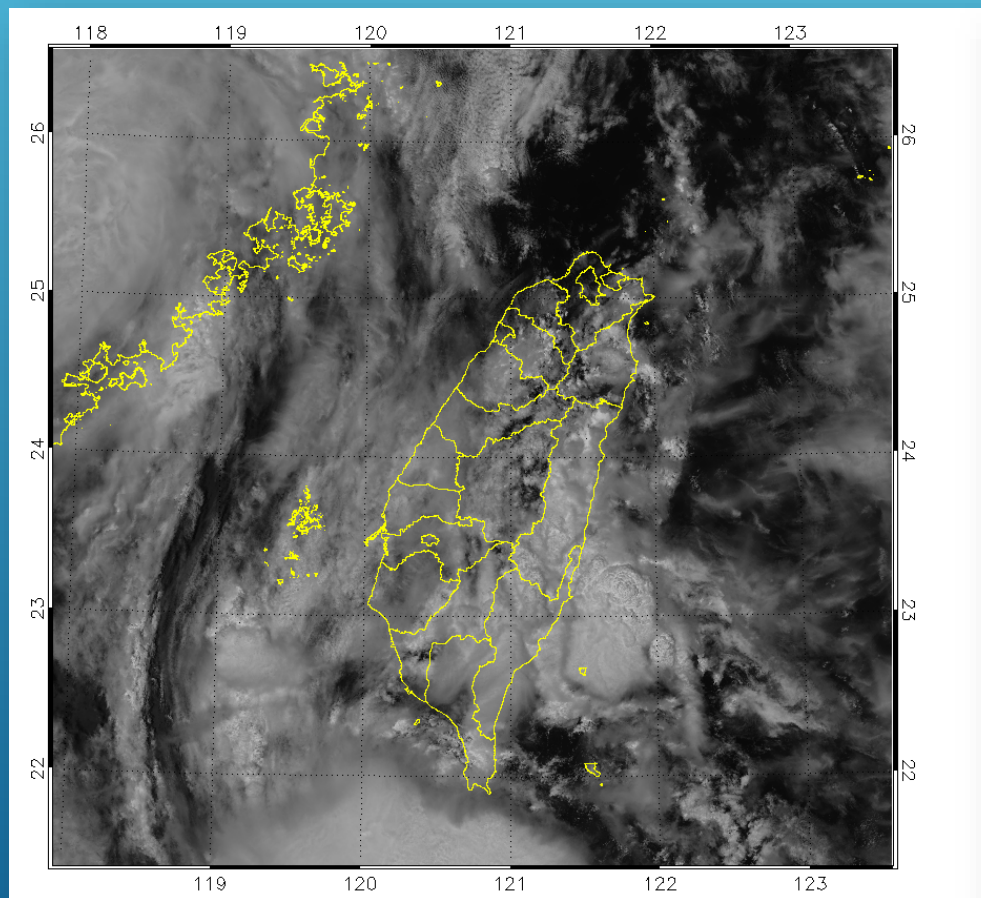
校驗

衛星反演之日射量

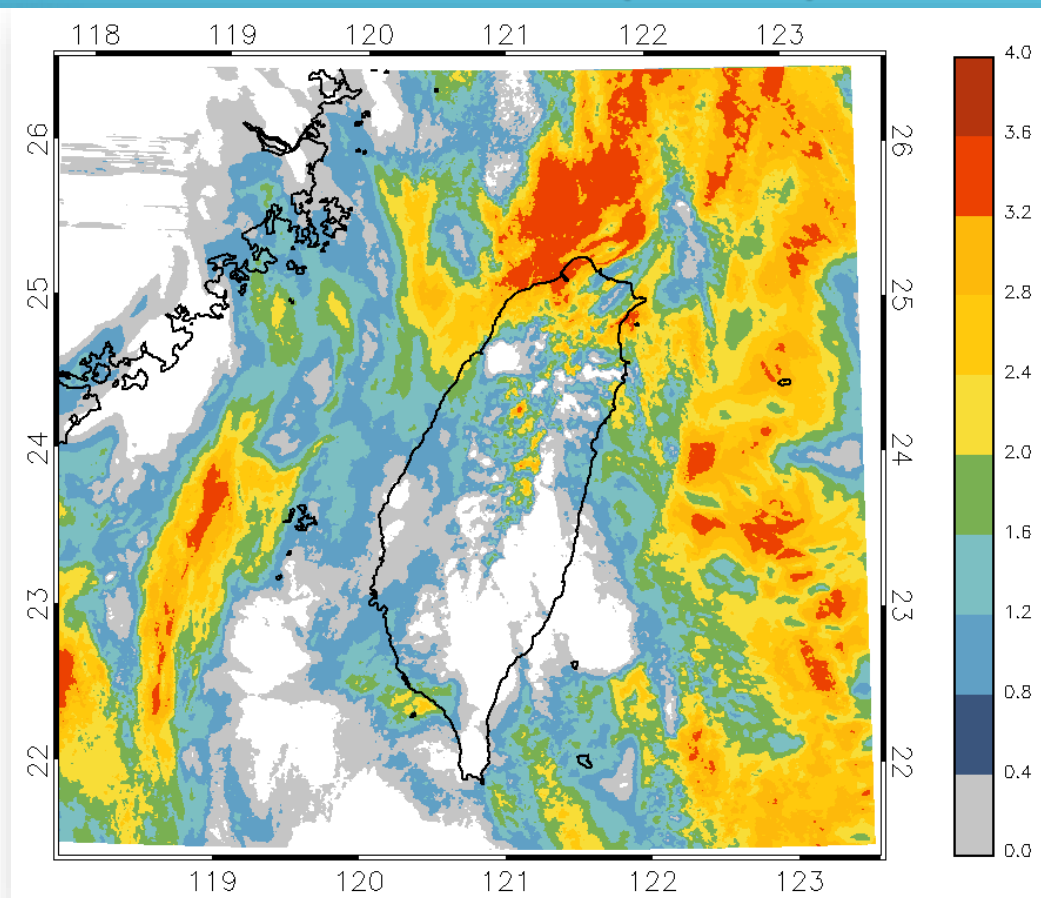
氣象局觀測
日射量

日射量產品

可見光雲圖



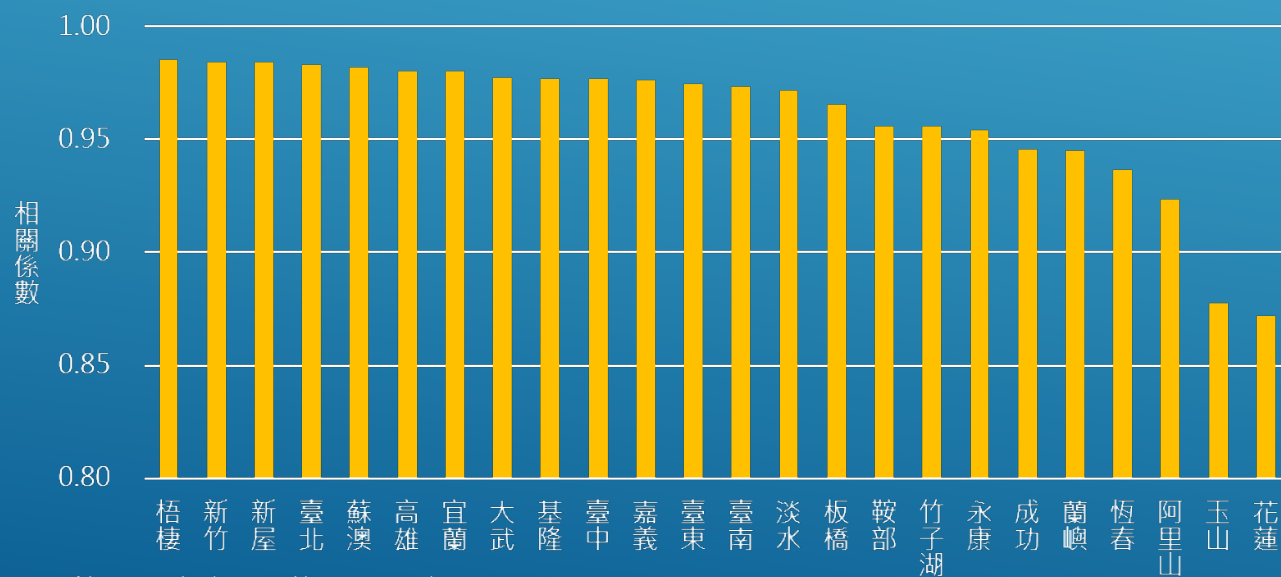
地表日射量 (MJ/m²)



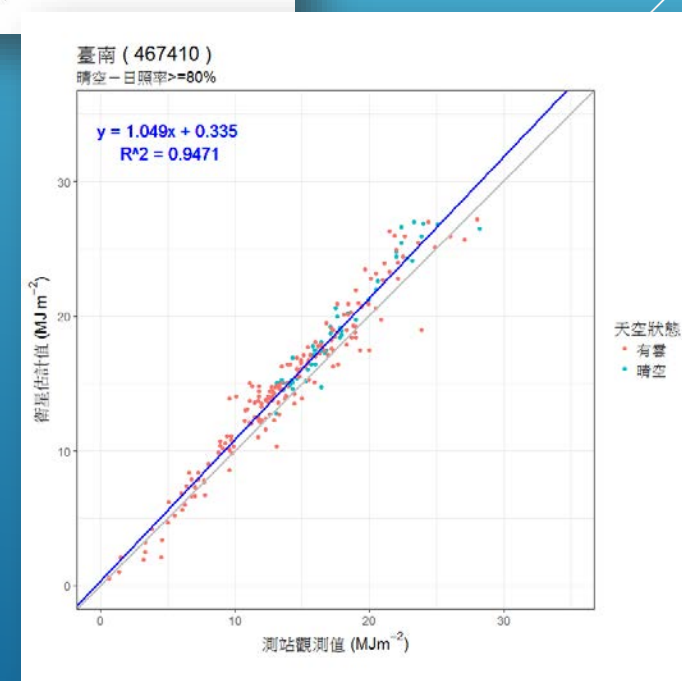
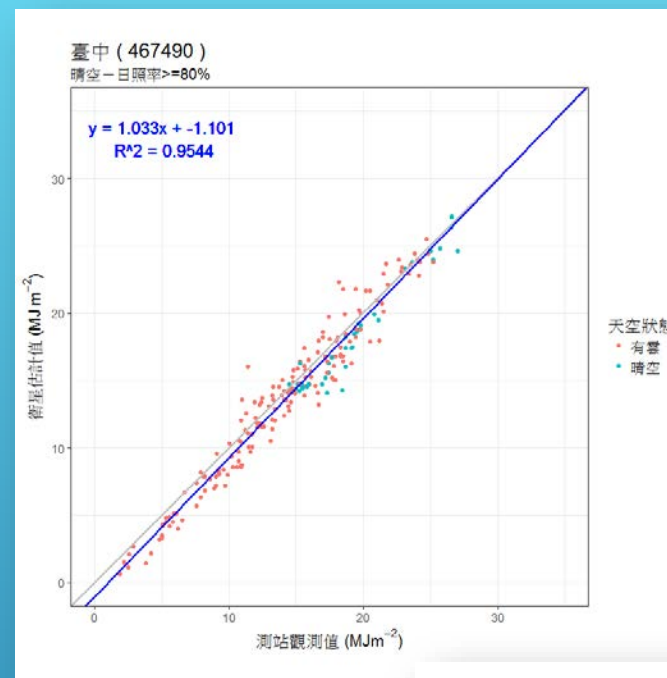
逐日日射量估算結果驗證 (I)

- ▶ 資料期間：2016/10/01~2017/05/31 (計243日)
- ▶ 比對全臺25處有日射量觀測之局屬站，西部平地 (除恆春) 相關係數均 >0.95 ，玉山、花蓮及日月潭測站相關係數 <0.90 ，各站迴歸係數均趨近於1。

衛星估計輻射量與測站觀測值相關係數

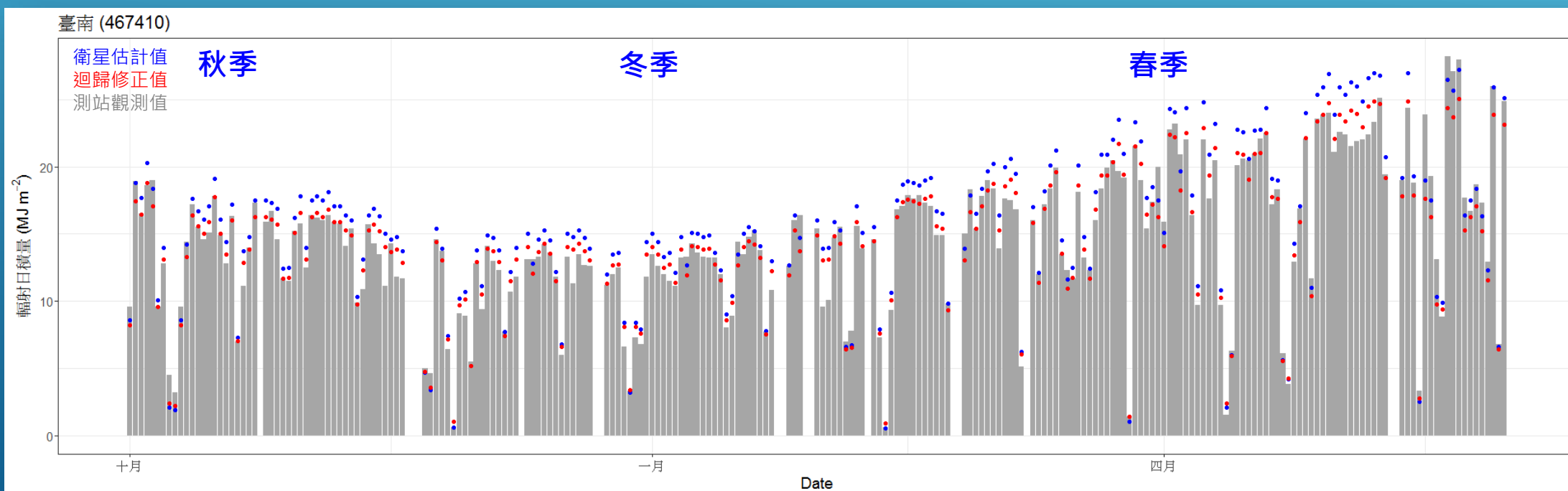


*註：日月潭相關係數0.55 (圖未示)



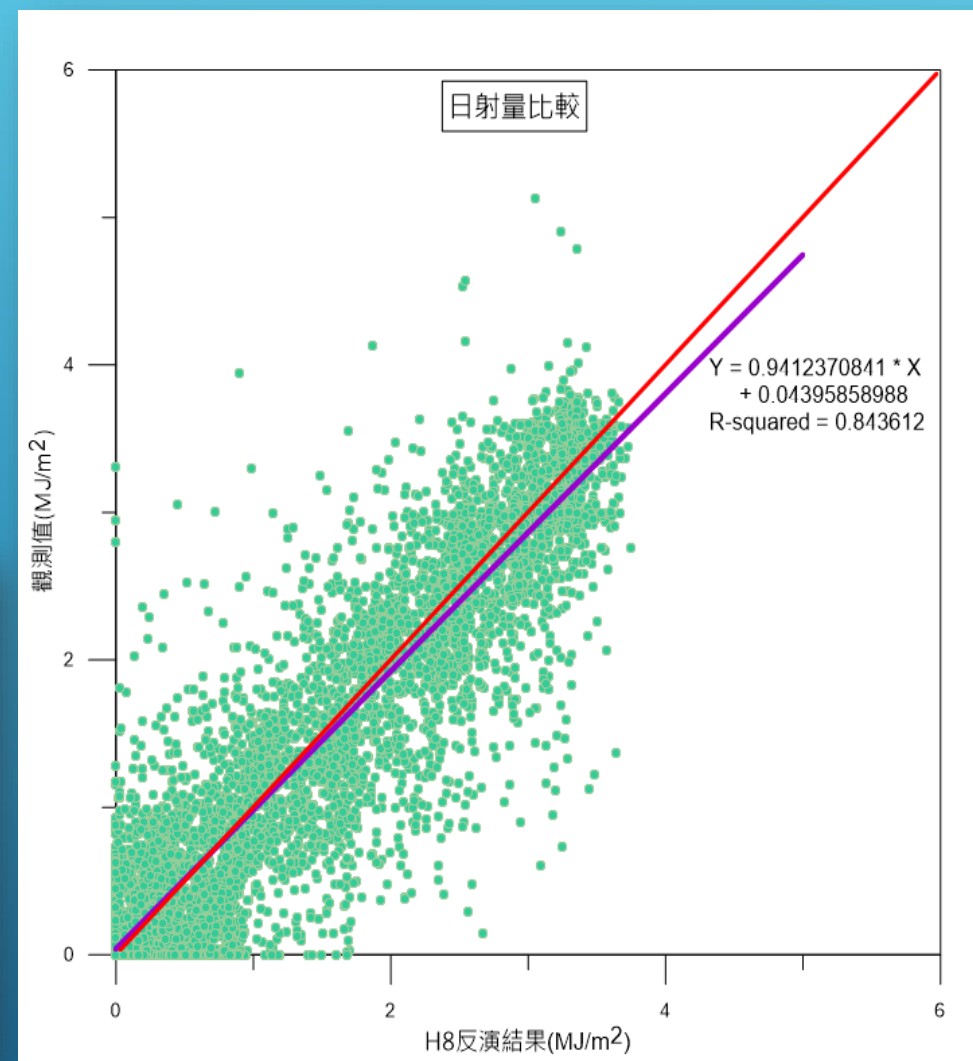
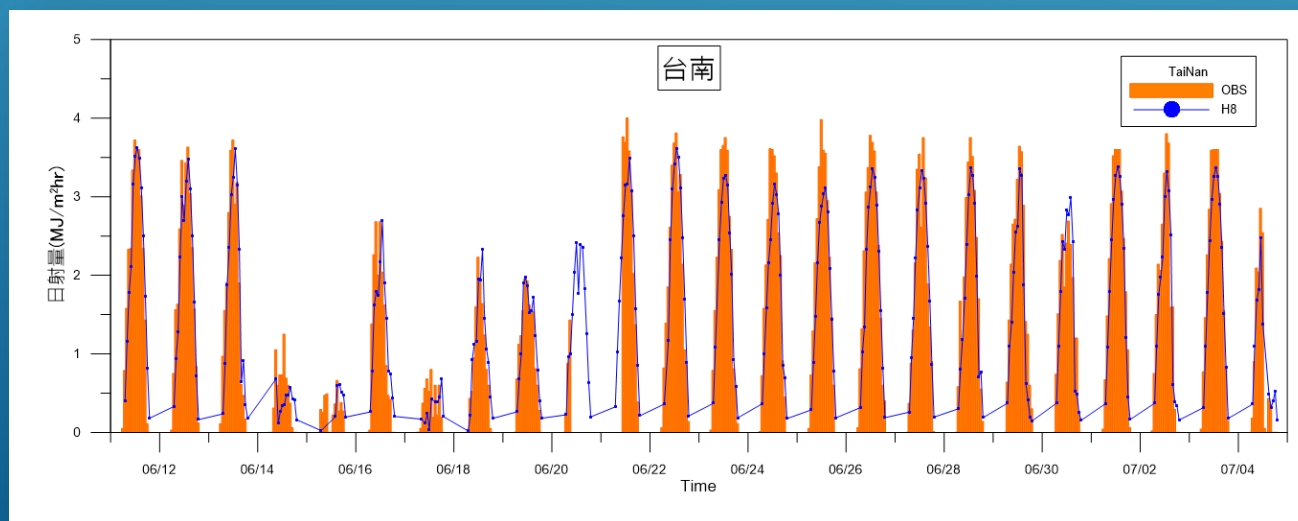
逐日日射量估算結果驗證 (II)

- ▶ 分析台南站2016/10~2017/05期間逐日之日射量時序，顯示此估算法能夠掌握日射量之季節變化趨勢，但估計值較測站觀測值略高(RMSE=1.70 MJm⁻²)，可藉由線性迴歸後降低其誤差幅度。



逐時日射量估算結果驗證 (I)

- ▶ 檢驗台灣本島平地測站2017/06/11~07/04逐時日射量，結果顯示衛星估計值與測站觀測值的相關係數為0.92，估算結果之參考性高。

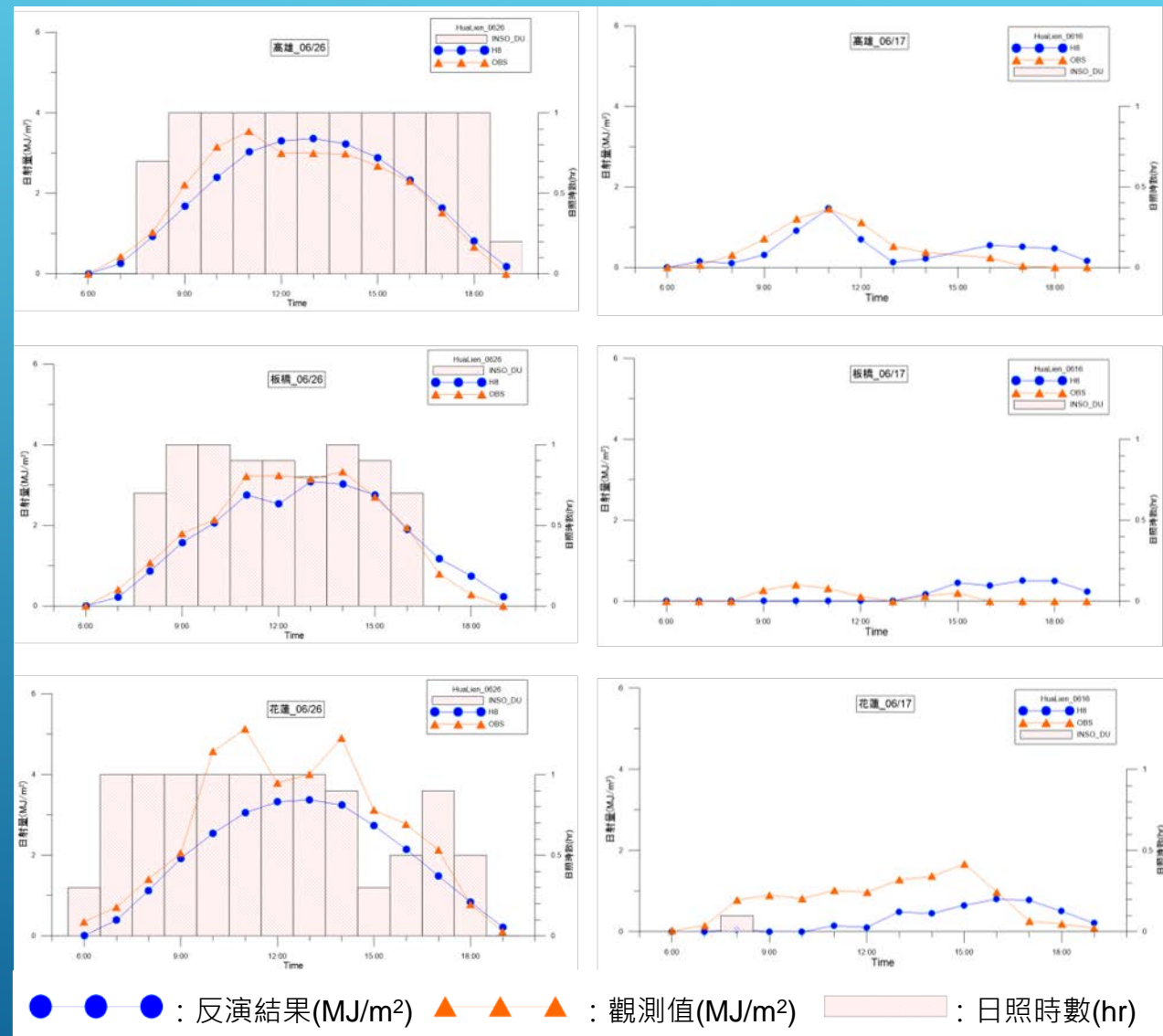


逐時日射量估算結果驗證 (II)

▶ 挑選高雄、板橋及花蓮測站分別對晴空(6/26)及有雲(6/17)情境比較：

- **晴空**情境：板橋及高雄的反演日射量與觀測相近，花蓮測站則有低估情形，但趨勢上反演結果與觀測值均有良好一致性。
- **有雲**情境：反演日射量較無法反映出實際日射量變化。

▶ 高雄及板橋測站無論在晴空及有雲情境下均有上午低估，下午高估現象。

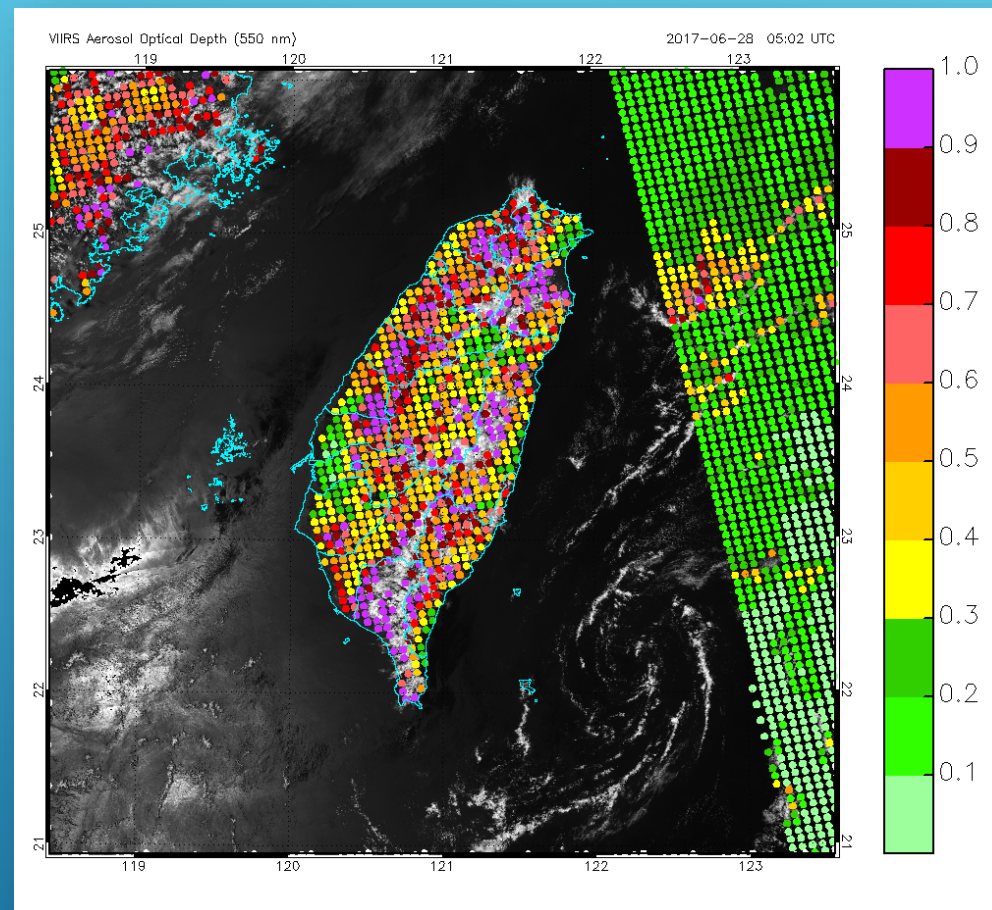


討論

► 大氣效應之改進

- 大氣透射率為使用參數化的氣膠光學厚度 (AOD) 推估而得 (蕭, 2011) , 此法僅與**地理位置**及**海拔高度**有關, 然而臺灣本地氣膠及懸浮微粒的主要為工業及交通工具排放, 氣膠濃度在日間 / 夜間及週間 / 週末均有顯著差異, 對於晴空情境之日射量估算易有較大影響。
- 繞極軌道衛星 (如Terra及Aqua MODIS) 反演之AOD與地面空氣品質監測站的懸浮微粒濃度有部分程度相關 (王, 2017) , 因此亦希望藉由**分析過去衛星反演的AOD資料與地面空氣品質監測站懸浮微粒濃度關係式**, 推得更接近實際狀況的AOD。

2017/06/28 VIIRS AOD (500nm)



蕭鋒、林博雄與賴彥任, 2011: “由MTSAT衛星影像及數位地形資料估算臺灣地表太陽輻射量”, 大氣科學, 39期, 53-67。

王偉齊、張成網、臧增亮、王體健、尤偉, 2017: “Terra和Aqua衛星MODIS 3 km AOD與北京PM2.5對比分析”, 氣象科學, 37期, 93-100。

結論

- ▶ 本研究利用日本向日葵8號衛星之高時空解析度資料，估計臺灣地表日射量，並與氣象局各局屬測站之觀測數據比對其適用性。
- ▶ 反演逐日之日射量與實際觀測在西半部平地測站的相關係數達0.95以上，東部及高山的反演結果略差，顯示胥(2015)之日射量演算法應用於向日葵8號衛星仍有相當良好之參考性。
- ▶ 分析衛星反演逐時日射量顯示，晴空情境下衛星估計之日射量與觀測有良好的一致性，但在有雲情境下則掌握度較差，且易有上午低估、下午高估之情形。

